有機質肥料之肥效試驗及結果判釋之若干觀點

連 深[1]

摘要：有機質肥料之試驗雖多，卻因試驗處理普遍欠缺系統性，正確的肥效評估並非容易。本文檢討國內外若干有機質肥料長期連用試驗，試從定量觀點分析肥料及有關因素，結果綜合如下。

1.有機質肥料之功能雖多，惟就水旱田之糧食作物而言，其實際肥效係以所含肥料要素，尤以氮素之供給爲主，且可由化學氮肥所代替。c／N比低之有機質肥料(豆粕、綠肥等)，因礦化率高，肥效與化學氮肥相當；長期施用並不見土壤有機質顯著累積，肥效率自無顯著變化。c／N比高之有機質肥料(堆肥、廄肥)在施用初期則肥效率概低於施肥量相當的化學肥料，乃其礦化率較低所致。但連年施用後，因其分解殘餘之有機質逐漸累積，礦化率漸增，肥效率亦漸接近於施肥量相當之化學氮肥。但此累積之礦化率終究不超過100%，其肥效率在本質上並不超過施肥量相當之化學肥料。實際上，有機質肥料之肥效在連用後或有超越化學肥料區情形，惟差異並非很大；如化肥氮素施用得當，此種差異仍可獲相當之彌補。

2.生產力極高的水田固有較高有機質含量，惟一般言之，二者並無一定之正相關；就台灣水田而言，南部中鹼性土壤第二期作之透水性和北部酸性土壤之有效態矽酸供應能力常爲優先於有機質含量的主要肥力限制因素。

3.就蔬菜、花卉等作物而言，有機質肥料之肥效誠較其他水旱田作物爲高。此種效果尤以育苗期或移植期爲最，係與此等作物苗期之物理性質(通氣性和保水性)需求有關。惟除此之外，在整個生育過程所表現之實際肥效則仍與所含肥料養分之釋出、供應關係最爲密切，而養分之礦化率仍爲主宰肥效之關鍵。

4.總之，有機質肥料的肥效，就一般作物而言，係以肥料要素，尤以氮素之供應爲主。肥料要素以外的特殊效果並非非常顯著。故有機質肥料的評價應以所含肥料要素之量及其礦化速率爲基礎。

有機質肥料之肥效既與所含氮素之釋出關係最爲密切，施有不同有機質肥料的複雜土壤系統中有關氮素礦化之模擬、預測或一定期間可礦化氮量之化學速測等乃爲有效應用有機質肥料，並使環境免於污染的重要手段。

關鍵詞：肥效，有機肥料，化學肥料。

一、前　　言

爲減輕石油能源之依賴及因應目前環境中大量農產廢棄物之產出，少用化學肥料、多用農畜產廢棄物所製有機質肥料乃是共識。

由於土壤有機質功能很多，諸如：⑴養分之供應及所供應養分在質上較優於化學肥料，⑵改善土壤物理性(通氣性和保水性)，有利於作物之養分和水分吸收，⑶增進土壤中之生物活性，有利於作物生長等，加之，土壤生產力與土壤有機質含量概有相關，一般對於有機質肥料的肥效常

1 台灣省農業試驗所農化系研究員兼系主任

有較高期待。但亦因有機質肥料之試驗所涉及之問題較化學肥料複雜；二者肥效之辨別不易，一般對於有機質肥料的肥效常有模糊的概念，如：(1)化學肥料的連用使土壤劣化，生產力減退；有機質肥料的連用使地力增進、生產力提高，(2)有機質肥料的肥效，很多部份是由來於肥料要素的供應以外的特殊效果等[1,2]，卻缺乏對此等效果之定量的探討。

有機質肥料如同土壤有機質，可能有很多的功能，但因時、因地及因作物之不同，其實際表現的功能可能有限，相互間亦有所不同；即其實際表現的肥效可能只是所具許多功能之一部份，而有關的機制亦有所不同。肥料的實際效果是據以評價施肥的經濟和合理施肥之依據，故肥效的大小及其機制的正確認識乃甚重要。

本文擬檢討國內外若干有機質肥料試驗，試從定量觀點分析肥效及肥效有關因素。

二、常見有機質肥料試驗處之例型及肥效之評價

有機質肥料之試驗很多，但其試驗處理卻普遍缺乏系統性，試驗結果之判釋亦常有模糊缺憾，因而正確的肥效評估並非容易。常見的處理例型如表 1。

表 1. 有機質肥料肥效試驗常見之處理例型

Table 1. Some examples of modes of treatments in the experinents with organic manures

例 1 (Example 1)

處理區別	施肥量(kg/ha)				
	N	P_2O_5	K_2O	堆 肥	雞糞**
化學肥料	120	60	60	0	0
稻草堆肥	120	60	60	12, 000	0
雞糞	120	60	60	0	5000
:	:	:	:	:	:

例 2 (Example 1)

處理區別	要素總量(kg/ha)		
	N	P_2O_5	K_2O
化學肥料	120	60	60
稻草堆肥	120	60	60
雞糞	120	60	60
:	:	:	:

例 3 (Example 1)

處理區別	要素總量(kg/ha)		
	N	P_2O_5	K_2O
化學肥料	120	60	60
稻草堆肥	240	>60	>60
雞糞	240	>60	>60
:	:	:	:

表 1 之例 1 ，係在施有同量三要素肥料(120-60-60)下比較稻草堆肥和雞糞等有機肥料的效果。在這樣的處理之下，稻草堆肥區和雞糞區的收量一般都會超越化肥區，而試驗者則漠然認爲有機質肥料具有超越化肥的肥效，不太計較所超越的增產值究有多少，並勿略了此等有機質肥料或資材本身亦帶來相當可觀的要素量。更大的缺憾則是不同有機肥料的投入量慢無標準、缺乏系統性，以至於相互間的肥效評價亦不容易。

例 2 係在三要素的投入量相同之下比較化學肥料和不同有機質肥料的肥效，因有機質肥料的用量一般是以其氮素的含量作爲基準所計算，磷、鉀的投入量如有不足則以化肥補充，故此項試驗，事實上，亦是有機肥和化肥氮素肥效率之比較，可據以評價不同形態氮素之施肥經濟，亦可據以長期比較不同形態氮素對土壤生產力之影響。惟亦因此等效果係在單一的氮素用量下比較，結果之判釋缺少資源，較難作概況性的結論。

例 3 係在有機農耕法與慣行農耕法之比較試驗各種有機肥料之示範時常見。由於漠然的，不管有機肥的種類和連用年數的多寡，假定各種有機質肥料之礦化率爲50%，所得結果，若不詳加思索，將是相當的欠缺公平性和科學性。又因有機質肥料之用量甚多，如含磷較多的有機質肥料(如豬糞堆肥和雞糞堆肥)，則其累積的磷投入量將很高於化肥區。

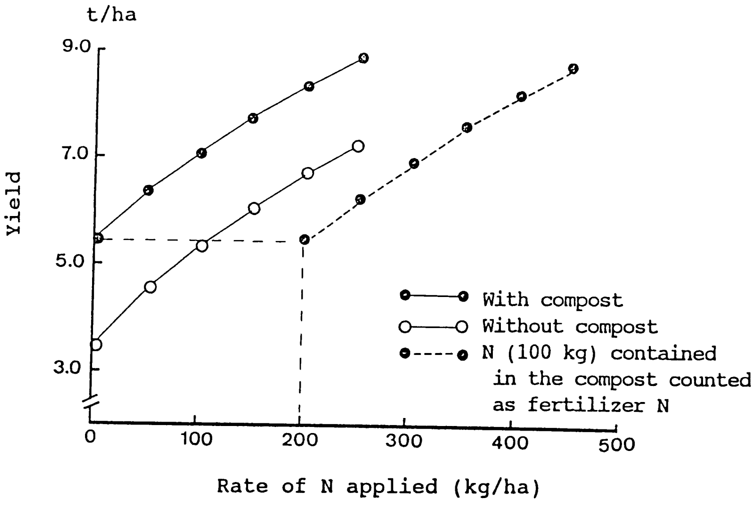


圖 1. 有機質料肥效試驗處理之另一例型及結果之判釋

Fig. 1. Another example of modes of treatments in the experiments with organic manure and its interpretations.

三、各種作物之有機肥肥效檢討

1. 稻作

(1)各種有機質肥料之相對肥效率

表 2. 各種有機肥料之氮素肥效率比較(14地點，台灣1940-42)[1]

Table 2. Relative effectiveness of various types of organic manures c ompared to application of ammonium sulfate on paddy (14 locations, Tai wan 1940-42)

Source of nitrogen	Paddy yield under various N rates (kg/ha)						kg yield increase[2] per kg N applied	
	40	80	120	40	80	120		
	1st crop			2nd crop			1st crop	2nd corp
Green manure	3162	3451	3697	3059	3238	3390	10. 9(102)[3]	8. 2(104)
compost	2824	3156	3390	2901	3093	3238	6. 0(56)	5. 9(75)
Ammonium sulfate	3169	3473	3562	2991	3218	3519	10. 7(100)	7. 9(100)

[1] Results of 52 field trials including the lst and 2nd rice crop in 14 locations

[2] Mean of yield increases at 3 rates (40,80 and 120 kg/ha) of application

[3] Index

資料來源：Lin 1995[3]

表 2 係1940-42年間全省14個地點以硫酸銨爲對照的各種有機質肥料的肥效比較試驗[(3)]。由於試驗係在三種氮素用量(40、80、120kg/ha)比較，資料可貴。此等資料連同其併設的無氮區收量，可據以計算各種型態氮素每公斤可增產的稻谷收量。此種每公斤氮素可增產的稻谷收量如以硫酸銨氮素當100，則其他各種氮素的相對值亦稱相對肥效率。由表 2 右項可見綠肥氮素的肥效率在102～104，第二期作略高；但大體而言，可視爲與硫酸銨氮相當，係其礦化速率高，施用於土壤後可在當作充分礦化釋出氮素供水稻吸收所致。至於堆肥區則其肥效率僅及56-75，係與其有機質分解較慢，氮素之礦化率較低所致，而因第二期作之高溫下有機質之分解較快，乃有第二期作時之肥效率略高狀況。

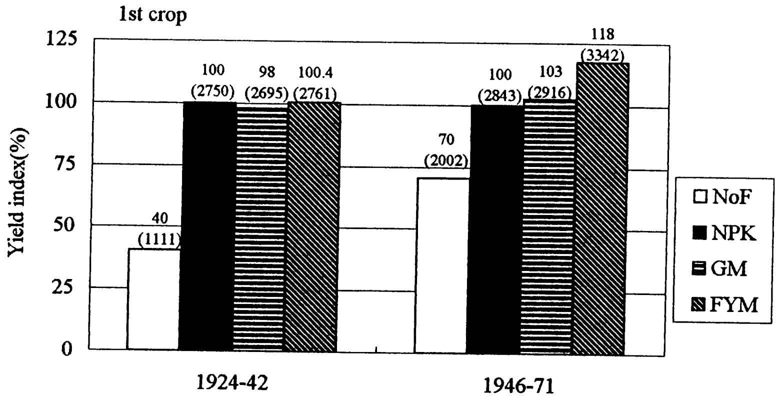
從過去的其他試驗資料亦知粕類(如各種種子粕、肉粕、魚粕)及綠肥等碳氮比均低(10左右)，在土壤中之分解迅速，故可期待之肥效實與化肥氮素相當，甚至於因氮素之釋放較緩，比較符合作物之需要和減少土壤中損失之機會，而其肥效率略有超過化肥氮素之表現。以稻草爲主之材料堆積醱酵所成之堆肥，碳氮比較高(20-30)，其在土壤中之分解較慢，礦化率較低，故施用初期之肥效率較低。此種肥料於長期施肥後，土壤中有腐植質之聚積，氮素礦化率隨之增高，肥效亦因此有增高趨勢，一般稱之爲地力之增進，詳細於下節討論。

(2)有機質肥料之長期施用效果

世界上較具傳統的農業試驗場都有長期之田間試驗探討長期施用有機質肥料和化學肥料的肥效和輪作制度、耕作制度等與土壤生產力關係，如英國洛桑(Rothamsted)農業試驗場之142年(刻仍在進行)，日本埼玉(Saitama)農業試驗場之60年、美國伊犁諾州農業試驗場

(Morrow)之100年及密蘇利州農業試驗場(Sanborn)之107年等[4]。

本所於1924～1971年間，在台北舊址之水田亦設有各種肥料連用試驗，前後共48年，於遷所時停止。該試驗設有無肥區及各種化學肥料和有機質肥料之運用區共12處理，供試水稻品種有在來種和蓬來種，各處理均設有 2 重複，小區面積16.5㎡。各種肥料連用後對水種產量及土壤理化性質之影響，曾經張等[5]及林等[6]檢討。其中無肥料(N_0F)、三要素肥料(NPK)、綠肥(GM)及廄肥(FYM)各處理區之1924-42和1946-71各年間平均相對收量(以化肥區爲100)及收量示於圖2-1及2-2。三要素區使用硫酸銨、過磷酸鈣和氯化鉀，用量爲N、P_2O_5、K_2O每期作各95kg/ha(即每年各190kg/ha)。綠肥區和廄肥區之N、P_2O_5每期作各95kg/ha(即每年各190kg/ha)。綠肥區和廄肥區之N、P_2O_5投入量仍爲每期作各95kg/ha，其中氮素用量之全部係以有機肥供應，而有機肥不能供足磷酐用量的部份則以過磷酸鈣補之。所使用綠肥(青皮豆)和廄肥的每期作施用量各爲9.05及15.8t/ha(年用量各爲18.1及31.6t/ha)，詳細見於本研討會中另文「有機質肥料在台灣土壤中分解、聚積之模式及施用基準之試定」。



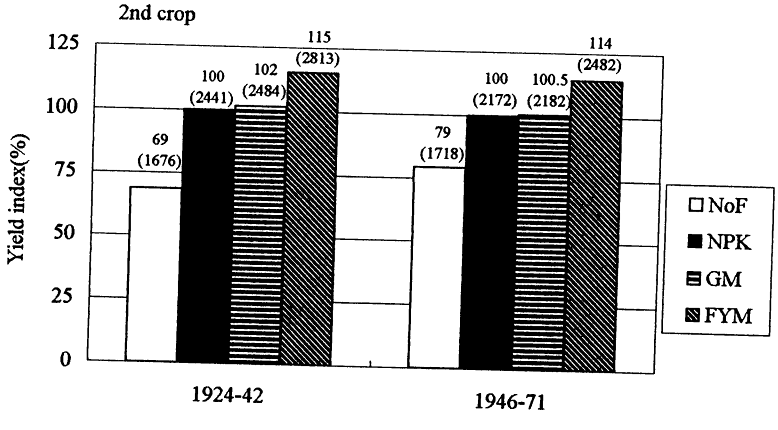


圖2-1. 有機肥料與化學肥料連用試驗各區稻谷相對收量

Fig 2-1. Relative yields of paddy over time in plots given organic or inorganic fertilizer. (Indica variety, Taipei, Taiwan, 1924-71)

資料來源：張等1947(5)，林等1973[6]

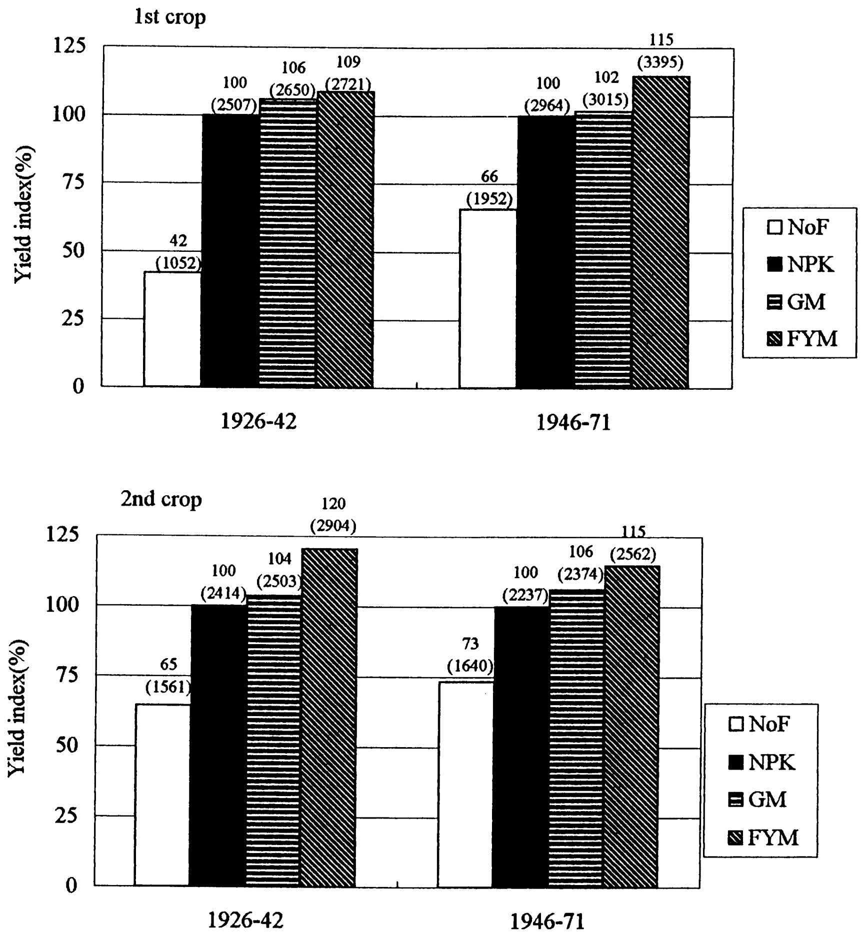


圖2-2. 有機肥料與化學肥料連用試驗各區稻谷相對收量

Fig 2-2. Relative yields of paddy over time in plots given organic or inorganic fertilizer. (Ponlai variety, Taipei, Taiwan, 1926-71)

資料來源：張等1947(5)，林等1973(6)

以圖2-1在來種第一期作收量爲例可見，綠肥區對化肥區之相對收量在試驗期間之前19年平均與後26年平均均爲100左右，即綠肥氮素肥效與化學氮肥相當，而且亦無隨著連用增加的效果。至於廄肥區則後26年之平均收量較前19年有顯著增高，各爲100及118。圖2- 2蓬萊種第一期作之各區收量亦大致與在來種有相同趨勢。至於第 2 期作則因水稻生育期間氣溫概高，有機質分解較速、氮素礦化率較高，故廄肥區之相對收量在試驗期間之前19年即較高於化肥區，但後26年之相對收量則較前19年並無進一步增高現象。

上述廄肥連用後相對收量之增高，日本Saitama長期試驗之稻草稻堆肥連用區(7)更爲顯著(圖3)；堆肥區收量在試驗期間之前20年低於化肥區，但20年以後則超過化肥區。堆肥區土壤之氮素礦化率在試驗開始時很低，但隨著堆肥之連用、土壤有機質之累積，礦化率亦增，至連用40年後可達100%(圖4)。可見堆肥連用後收量之增高主要與其礦化率之增加有關。

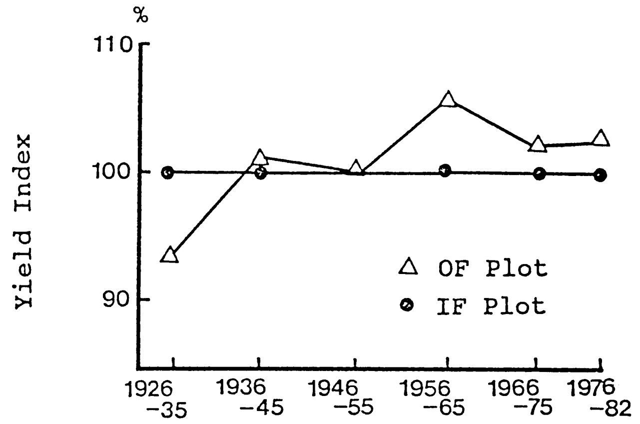


圖 3. 有機肥料與化學肥料連用試驗稻谷相對收量之變遷 (日本 Saitama, 1926-85)
Fig 3. Relative yields of rice over time in plots given organic or inorganic fertilizer (Saitama, Japan 1926-85)
資料來源：Suzuki et al. 1990[7]

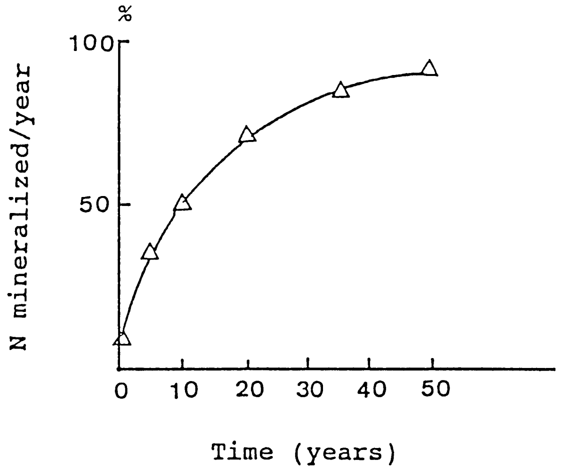


圖 4. 同圖1連用試驗中各年所施堆肥之預測氮素礦化率
(以glass fiber bag法結果模擬所得)
Fig 4. Percentage of N mineralized against the amount of N applied in compost each year, as predicted by the glass fiber bag method (Saitama, Japan)
資料來源：Suzuki et al. 1990[7]

堆、廄肥連用後收量之增高，一般均概然歸因於土壤中有機質之累積，因而地力增加[1,6]。在每作施用同量的氮素(農試所試驗每作施用 N 95 kg/ha，日本Saitama試驗每作施用 N 105 kg/ha)之下，廄肥區和堆肥區之收量於連用後顯著超越化肥區，的確給人以有機質肥料增進地方、發揮作物生產之特殊效果印象。按照土壤中有機質分解、聚積之原則[8]，每年一定量有機肥的連用，如其氮素礦化率低於100，隨著殘餘有機質之累積，礦化率可漸增，至所投入有機質之分解與聚積達平衡時，礦化率可增至最高，100%。故在有機肥區之氮素投入量與化肥區相同之下連同有機肥，至多亦只能提高有機肥區之有效態氮供應量與化肥區相同而

已。依此原則，在相同的氮素投入量之下，堆、廄肥區收量之能超越化肥區，當應歸因於水稻之有機態利用率較高。Cooke氏[9]於檢討洛桑試驗場之長期試驗結果亦堆崇有機態氮較化學態氮之優異性，並强調前者爲後者所不容易仿效。

惟上述有機肥長期施用後之增產效果，仔細觀之，亦非不能量化理解：⑴此項增產效果並非一般概然所指那麼大；兩個長期試驗中增產效果較高之台北試驗只不過是15-18%，而日本Saitama之試驗則只及3-5%而已。⑵台北試驗地之各區氮素用量95kg/ha較標準用量120kg/ha相當低，而且施肥法，各區僅當基肥一次施用，亦屬相當粗放。在如此情況下，上述有機肥區較化肥區15-18%之增產效果，如推測其很容易被稍加講究之化肥分施，或氮肥用量之稍增，所彌補，亦非不可能。何況吾人如能進一步了解，台北試驗地土壤之有效性矽酸含量很低，廄肥之連用所投入之有效性歹酸量很可觀，亦扮演其水稻增產之一個角色，則一般模糊所指之堆廄肥地力增進效果，亦就較能具體的了解。

表 3. 台灣地區稻田收量與土壤各理化性質之相關 (生產潛力測定，台灣1975-76)

Table 3. Correlation coefficients of grain yield with various soil properties i n the northern and southern parts of Taiwan.
(The Potential Yield Demonstration Program, 1975 lst crop and 1976 2nd crop)

	No.of location	Crop season	pH	OM	CEC	Permea-bility	Free Fe_2O_3	Solu. Sio_2
North	47	1st	0. 44**	-0. 37*	-0. 02	N D.	-0. 05	0. 32*
	32	2nd	0. 31	-0. 53**	0. 11	N D.	-0. 27	0. 16
South	59	1st	-0. 04	0. 39**	0. 31*	-0. 43*	0. 28	0. 00
	40	2nd	-0. 14	0. 26	-0. 08	0. 46*	-0. 18	-0. 22

資料來源：Lian 1980[11]

又水稻收量競賽獲勝之水田每年必投有很高量的堆、廄肥乃眾知之事實[10]，土壤有機質含量高乃高產之要件。惟這並非意味一般水田之生產力與其有機質含量有必然的正相關。表3係1975年第一期作及1976年第二期作各116處及72處全省稻田生產潛力調查計畫下所得收量與土壤各理化性質之相關[11]。由表3可見收量與土壤有機質含量並不一定有正相關，有地區別或期作別，且有負相關。在酸性土壤較多的北部，其第一期作收量係與土壤的有效性矽酸含量有顯著正相關，而在中鹼性土壤較多的南部，其第二期作作收量則與排水性有顯著正相關，可見土壤的矽酸肥力及排水性乃一般情形下，優先於土壤有機質含量的收量限制因素。

以上討論並無意忽視堆廄肥長施用對地方增進之效果，但強調吾人對效果之大小及其機制應有量化(quantification)之探討與了解才能正確評價施肥，有利於施肥技術的發展。

2.旱作

一般認爲有機質肥料之肥效，旱田必高於水田，蓋除了養分供給之功能以外，有機質改善土壤物理性和生物性之功能更能在旱田發揮故。惟就土地利用性之旱田作物而言，施用有機質

肥料之肥效仍以養分之釋出爲主要。

前述cooke氏曾以洛桑(Rothamsted)試驗場之長期試驗爲例，指出堆廄肥之連用對小麥之高產具有化學肥料所不易達成之特殊效果[9]，惟同報告所示資料如細觀之，其所稱特殊效果仍非氮素化肥所不可取代。圖5該試驗場Broadbalk田所進行之有機肥和化學肥連用試驗各區小麥收量之變遷，係經山根氏檢討後所繪者[12]。由圖可見廄肥區之收量常高於其他各區，但由N_3區(N 145kg/ha)小麥收量之高於N_2區(N 98kg/ha)，及其接近於廄肥區，等趨勢亦可判釋廄肥區之肥效實爲化學氮肥所可替代者。

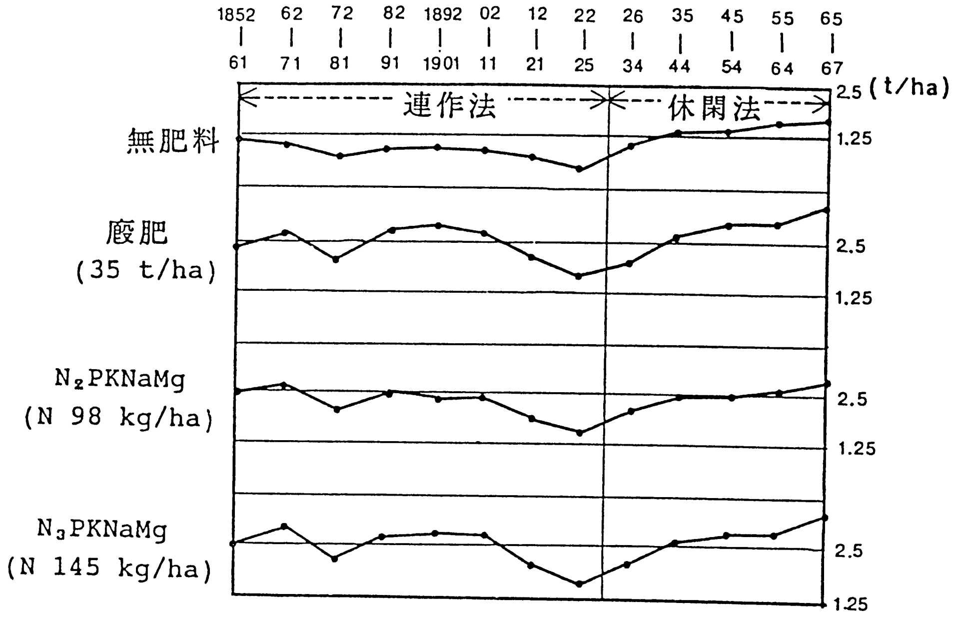


圖 5. 有機肥料與化學肥料連用試驗各區小麥收量之變遷
(Rothamsted UK, 1852-1967)
Fig 5. Yield of wheat over time in plots given organic or inorganic fertilizers (Rothamsted UK, 1852-1967)
資料來源：山根 1974[12]

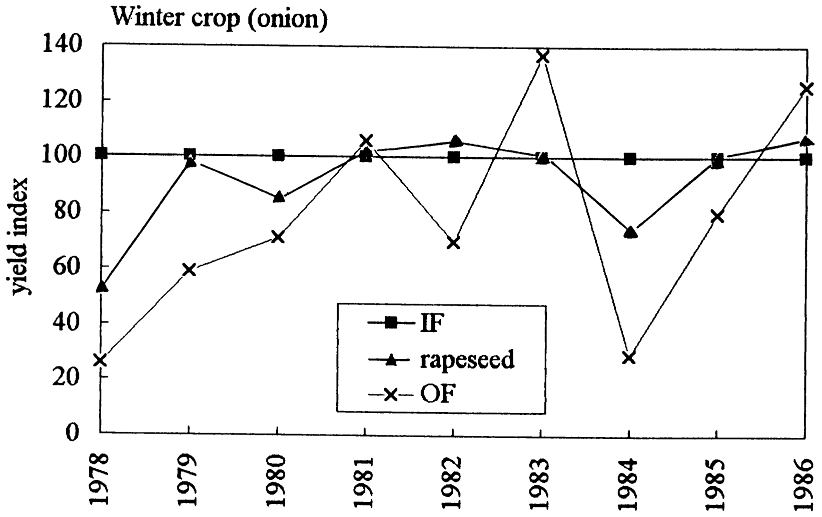
3.蔬菜作

就蔬菜、花卉等作物而言，有機質肥料之肥效誠較其他水旱田作物爲高。但由少量堆肥(10 t/ha)的植穴施用效果與大量堆肥(20-40 t/ha)之全層(耕深 20公分)施用效果相同一事(小野等[13]1994)亦可窺見此種效果尤以育苗期或移植期爲最，係與此等作物苗期之物理性質(通氣性和保水性)需求有關。惟除此之外，從整個生育過程所表現之實際效果仍可看出其肥效之主要仍與所含肥料養分之釋出、供應關係最爲密切。如下列試驗結果所示。

圖6示日本神奈川縣試驗場於1978-86前後9年共17作蔬菜連用各種有機肥(牛糞堆肥或菜仔粕)和化學肥料(磷酸銨複合肥料，14-14-14)之各區相對收量變遷(14)；分冬作(洋蔥爲主)和夏作(甘藍爲主)各示於圖6-11及6-2。在此試驗中菜仔粕連用區之氮素用量與化肥區(IF)相同，均爲

每作190kg/ha，而牛糞堆肥區(OF)之氮素用量則爲前者之3倍，即每作之N投入量高達570kg/ha。牛糞堆肥區之氮素投入量雖高達化肥區之 3 倍，惟各作蔬菜之收量仍低於化肥區，相信係與其氮素之礦化率低，氮素之供給量不足有關，雖然這種差異隨著堆肥之連用有逐漸縮小趨勢。

在台灣進行之有機農業可行性試驗中有機農法區(施用豬糞堆肥)與慣行農法區(施用化肥)之各作收量亦有相似差異[15](表4)；有機農法區之N投入量爲化肥區之 2 倍，惟其收量仍顯著之低於慣行農法區，雖然本試驗中有機農法區收量較低之另一原因係因未施農藥、病蟲害較猖獗所致。



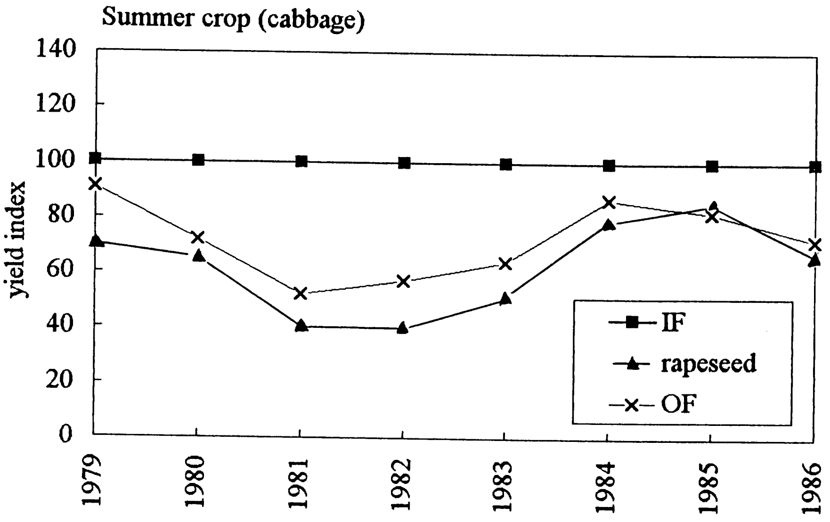


圖 6. 有機肥料與化學肥料連用試驗各區蔬菜相對收量之變遷

Fig 6. Relative yields of vegetable crops over time in plots given organic or inorganic fertilizers (Kanagawa, Japan, 1978-86)

資料來源：山田等 1989[14]

表 4. 有機農耕法與慣行農耕法各作相對收量及三要素總投入量之比較 (嘉義，鹿草1991-94)

Talbe 4. Comparison of crop yields and total input of nutrients under the organic and conventional farmings.

Year	1991-92			1992-93			1993-94			1991-94	1991-94		
Crop	2nd rice	Aut. soy.	Sp. s.corn	Sum. ses.	Aut. cab.	Sp. s.corn.	Sum. sesb.	Aut. cab.	Sp. s.corn	Average crop	Total Input $N-P_2O_5-K_2O$		
Conventina farming	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	960	470	470
Organic farming	70	109	104	95	70	65	116	78	85	88	1920	3840	2440

Aut.: Autumn, Sp.: Spring, Sum: Summer

soy.: soybean, s. corn: sweet corn, cab.: cabbage, ses.: sesbanic

資料來源：林滄澤 1995(15)

四、有機質肥料之肥效因素分析

爲了解有機質肥料之肥效因素，有必要就作物之有機肥和化肥的肥效作進一步的比較：由作物收量對不同用量有機肥／化肥之反應曲線可判釋有機肥之效果究屬三要素(尤其是氮素)？或屬三要素以外俗稱之特殊效果？等。如屬氮素之效果，亦可從反應曲線比較有機態氮和化學態氮間肥效率之差異：如屬三要素以外之特殊效果，亦可進一步考察其屬保水性、通氣性或生物性改良之效果。如斯，可進一步了解肥效之機制，有利於施肥技術之發展。

圖 7 係田中氏檢討日本Aomori農事試驗場不同用量堆肥／化學氮肥連用試驗各處理區第22-26年 5 年間之平均收量所繪[16]。由該圖可見堆肥和化肥配合施用之各區收量(反應曲線①)概高於化肥單用區(反應曲線②)，而以堆肥18.7t/ha 和化肥 N 75kg/ha配合施用區獲得最高收量。惟18.37t/ha堆肥含 N 95kg(假定堆肥 N 含量0.5%)，如將此氮素含量亦加算於化肥氮素之用量，則收量之氮素反應曲線①順著X 軸位移 N 94kg/ha，成爲反應曲線①'。再看獨施堆肥18.7t/ha 區收量爲4 t/ha，係與獨施化肥 N 54kg/ha區之收量相同，可見堆肥氮素之肥效率爲化肥氮素之60%。如將反應曲線①順著X 軸只位移 N 56kg/ha則成反應曲線①"。反應曲線③因未設更多的化肥 N 用量處理，無從得知其反應曲線之全貌，惟反應曲線①"恰好在③之延長線上，亦極似其推測之反應曲線。

綜觀反應曲線①①'和①"，堆肥18.7t/ha與不同用量化肥氮素配合施用所得效果係屬有機態氮和無機態氮相加之效果，看不出二者有任何相+乘效果或俗稱之特殊效果；在上述試驗中18.7t/ha堆肥所示效果始終是以氮素供應之效果爲主，其肥效率且只及化肥氮素之60%。

參照上述原則，因內若干較具系統性處理的有機肥試驗，進一步分析其肥效有關因素如下：

(1)水稻

圖8[17]乍看之下，或認爲堆肥和化肥氮素之配合施用可獲超越化肥氮素單施之效果，惟如將堆肥 6t 所含63kg N 亦計算於氮素用量，試比其收量反應(點線部份)，則上述幻覺可去除。

(2)玉米

圖9[18]乍看之下亦有堆肥配合化肥氮素之施用可獲超越於化肥氮素單施之收量效果，惟以堆肥10t/ha區爲例，如將其所含250t/ha N 亦計算於氮素用量，試比其收量反應(點線部份)，

則上述幻覺亦可獲大白。

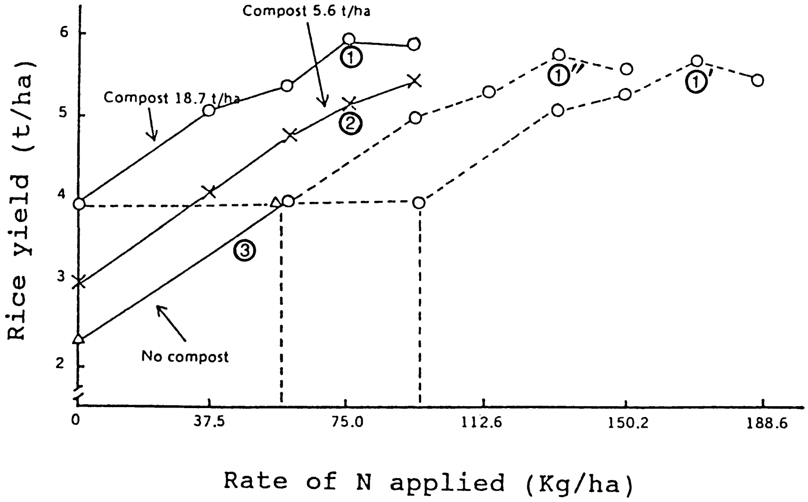


圖 7. 水稻收量對不同用量堆肥／化學氮肥之效應
(連用試驗22～26年 5年間平均，Aomori, Japan)

Fig 7. Effect of compost and ammonium sulfate on rice yields. Result of a continuous experiment at Aomori agricultural Experiment Station, Japan. Data are based on the 5 year average between the 22nd and 26th years after the initiation of the experiment.

資料來源：田中 1975[16]

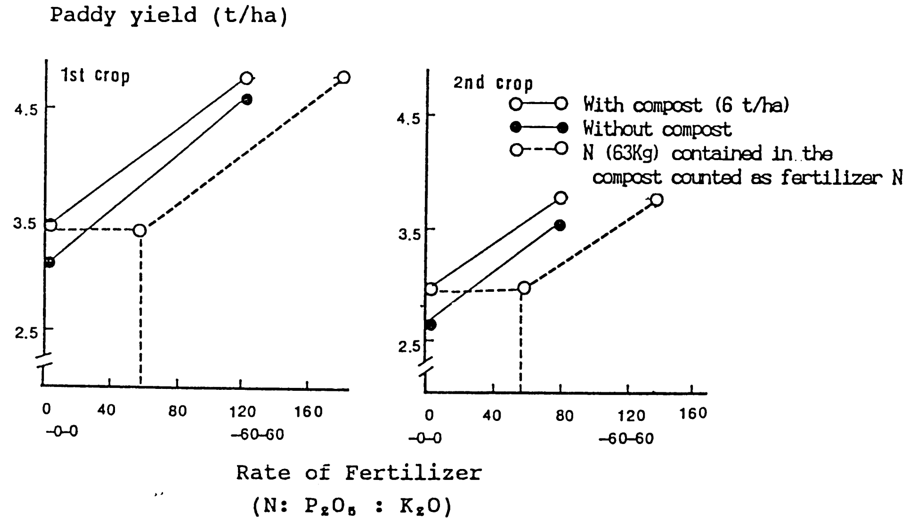


圖 8. 水稻收量對不同用量堆肥／化學肥料之效應(第1期作及第2期作各49及46地點試驗，台灣 1954)

Fig 8. Effect of farmyard manure on yields of paddy rice with and wit hout chemical fertilizer. (Mean of 49 trials for the lst crop, and 46 trials for the 2nd crop, 1954, Taiwan)

資料來源：Tseng, 1961[17]

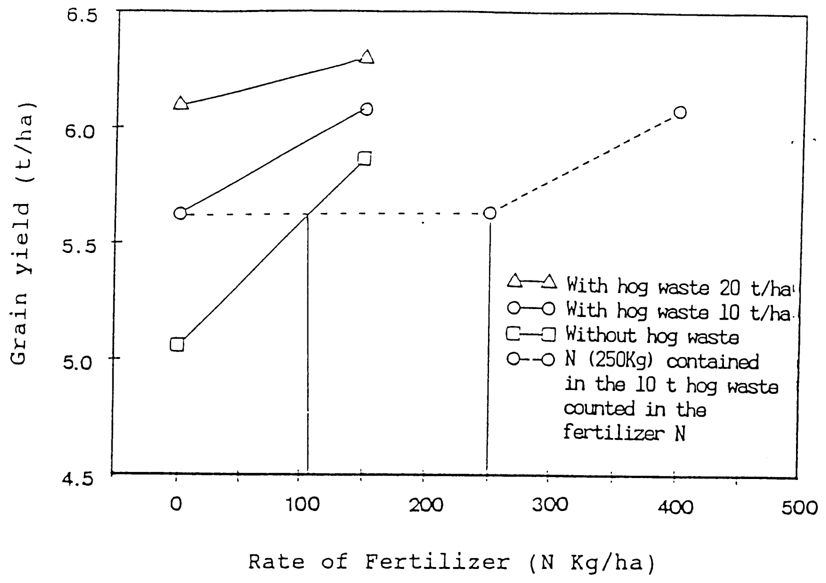


圖 9. 玉收量對不同用量豬糞／化學氮肥之效應(台中外埔 1990)

Fig 9. Effect of hog waste on yields of corn with and without nitrogen fertilizer.(Taichung 1990)

資料來源：黃等1992[18]

(3)蔬菜

圖10[19]示堆肥和化肥氮素之配合施用一般雖優於化肥氮素之單施效果，惟化肥氮素用量增加時，此種收量差異終歸於零。可見堆肥之效果在此仍以氮素爲主，並可以化肥氮素替代。

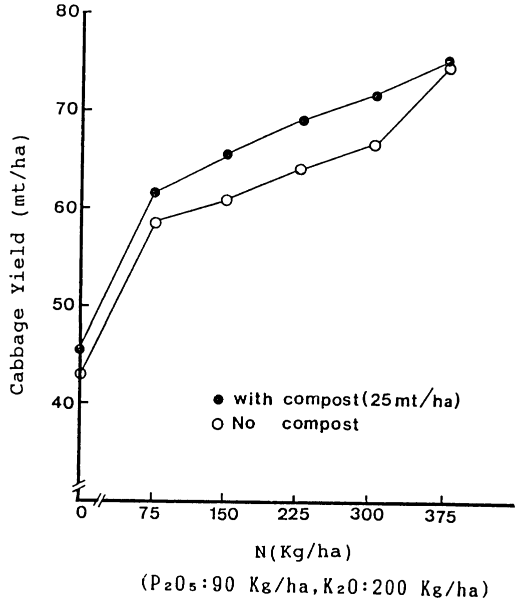


圖 10. 甘藍收量對不同用量堆肥／化學氮肥(尿素) 之效應 (彰化埔心，1970 冬作)

Fig 10. Effect of varied rates of compost/urea N on yield of cabbage(Changhua, 1970 winter crop)

資料來源：台中區農業改良場 1971[19]

圖11[20]及圖12[21]顯示堆肥對菠菜和大蒜有三要素以外之特殊效果。此等效果不能以N之增施替代。

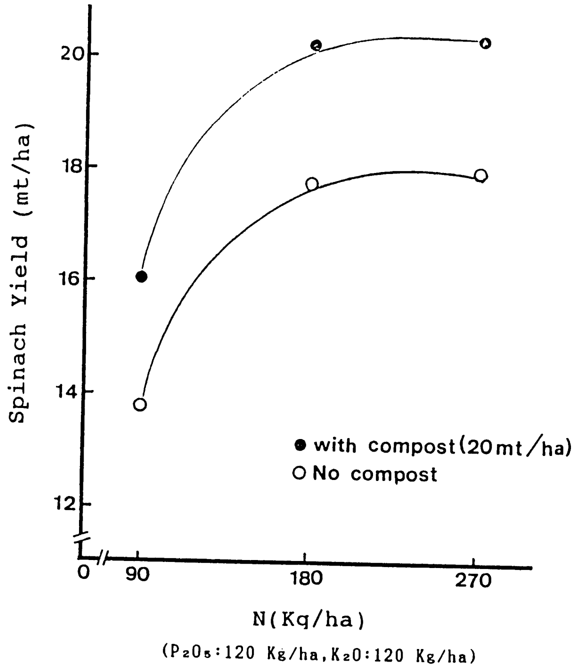


圖 11. 菠菜收量對不同用量堆肥／化學氮肥(尿素)之效應(臺北，1970冬作)

Fig 11. Effect of varied rates of compost/urea N on yield of spinach (Taipei，1970 winter corp)

資料來源：台北區農業改良場 1971[20]

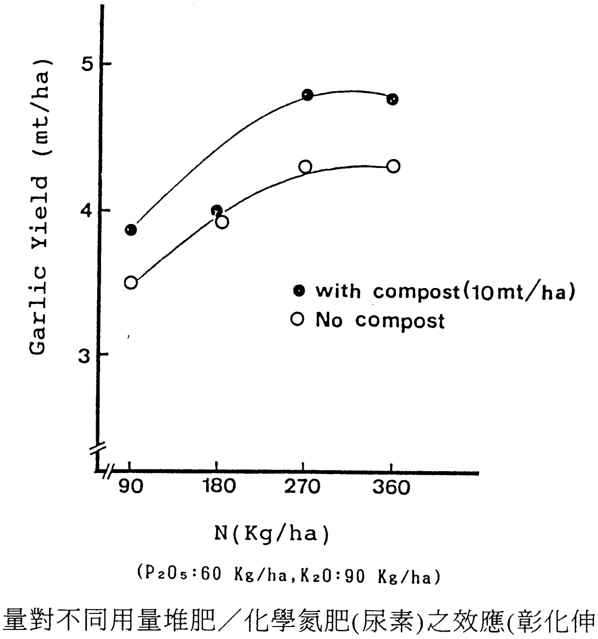


圖 12. 大蒜收量對不同用量堆肥／化學氮肥(尿素)之效應(彰化伸港，1971冬作)

Fig 12. Effect of varied rates of compost/urea N on yield of garlic (Changhua 1971 winter corp)

資料來源：台中區農業改良場 1972[21]

惟鑑於菠菜試驗地之台北土壤pH 4.5屬强酸性和菠菜極忌酸性土壤等事實，堆肥所表現之特殊效果是否由於所含高量鈣質所致，仍值得注意。答案若是，而酸性土壤之菠菜肥培管理中石灰之施用已爲標準作業時，究應强調堆肥優先，抑或石灰優先？仍値注意。

以上有機質肥料之肥效係以作物收量爲重要標的討論，其實肥效亦可以以作物的品質或環境的品質爲標的討論。惜有關作物品質方面雖有若干試驗資料，卻均無顯著性測驗佐証，無法討論。至於對環境品質之影響則更乏資料，亦無從討論。

參考文獻

1.黃武林 1981. 析論有機肥料對本省農業生產之影響. 台灣農業 17(2)：10-18.

2. Su, N. R. 1972. The fertility status of Taiwan soils. Technical Bulletin No. 8. FFTC, ASPAC.

3. Lin, C. F. 1955. The relative effectiveness of organic ammoniates and their relations to the productive capacity of paddy soil in Taiwan . Soils and Fertilizers in Taiwan 1955:8-17.

4. Juo, A.S.R. 1990. Longterm soil fertility experiments-an overview . Transactions of 14th International Congress of Soil Science. Vol. IV 4-8.

5.張守敬、林家棻、步燚昇 1947. 同種肥料連用對水稻產量及土壤理化性之影響. 台灣省農業試驗所彙報第3號

6.林家棻、李子純、張愛華、陳卿英 1973 長期連用同樣肥料對於土壤理化性質與稻谷收量之影響. 農業研究 22(4):241～262.

7.Suzuki M., K. Kamekawa, S. Sekiya and H. Shiga 1990. Effect ofc ontinuous application of organic or inorganic fertilizer for sixty years on soil fertility and rice yield in paddy field. Transactions of 14th International Congress of Soil Science, Vol. II 14-19.

8.田井嘉光 1975. 水田における有機物の集積と分解. 日本土壤肥料學雜誌 46(7)：251-259.

9.Cooke G. W. 1977. The roles of Organic manures and organic matter managing soils for higher crop yields. The InternationalSeminar of on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition.

10.Ishizuka, Y. 1978. The rice yield competition in Japan. Extension Bulletin No.109 FFTC/ASPAC, Taipei, Taiwan ROC.

11.Lian, S. 1980. Rice yield response to nitrogen and relevant soil fertility factors. Pages 15-38 in Increasing Nitrogen Efficiency For Rice Cultivation. ASPAC-FFTC Book Series No.18. FFTC, ASPAC.

12.山根一郎 1974. 堆肥連用試の再検討(1)農業および園藝.

13.小野 忠 甲斐壽美德 矢野輝人 1994. 完熟堆肥と緩效性肥料の植穴施用效果 日本土壤肥料學雜誌 65(6)：702-705.

14.山田裕、鎌田春海 1989. 有機農業の技術的評價(第1報)－有機栽培が野菜の收量および土壤にす影響 神奈川縣農業總合研究所報告第131號：1-13.

15.林滄澤 1995. 有機農業可行性之研究. 土壤肥料試驗報告(八十三年度)台灣省政府農林廳.

16.田中明 1975. 稻わら中の窒素ぞェネルギ－の再利用. 日本土壤肥料學雜誌 46(7)：328- 332.

17.Tseng H.D. 1961. Fertilizers and manures of rice in Taiwan. Pages 36-51 in Sil and Fertilizer Uses in Taiwan Roc. Sino-American Joint commission on Rural Recomstruction, Plant Imductry Series No.20.
18.黃祥慶 蔡宜峰 1992. 連用新鮮豬糞對旱作效果及地力之影響研究. 土壤肥料試驗報告(八十年度)台灣省政府農林廳.
19.台中區農業改良場 1971. 甘藍尿素需要量試驗. 六十年土壤肥料試驗報告. 台灣省政府農林廳彙訂.
20.台中區農業改良場 1971. 菠菜肥料試驗報告. 六十年土壤肥料試驗報告. 台灣省政府農林廳彙訂.
21.台中區農業改良場 1972. 大蒜肥料適量試驗. 六十一年土壤肥料試驗報告. 台灣省政府農林廳彙訂.

Some Aspects on the Experiments and Interpretations of the Effects of Organic Manures in Crop Production

Shen Lian

Summary

Although many experiments have been conducted to study the effects of organic manures in crop production, most of them were with the treatments unsystematic, consequently the results obtained were often ambiguous, and the interpretations unscientific.

Some of the long term experiments on the application of organic manures conducted in Taiwan and other countries were reviewed, and the following conclusions are drawn.

Most of the effect of any organic manure can be attributed to the nitrogen it contains, and N fertilizer gives equivalent yields. The effects of nanure-N and fertilizer-N are additive in nature and compen- sational. The estimations of N mineralization from the manure as well as from the soil during a cropping season are, therefore, important for the adjustment of the requirement of fertilizer -N to be applied incom bination with the manure.

Key words : Fertilizer effects, organic manure, chemical fertilizer.